

Radar measurement of distances, relative speeds between vehicle, obstruction(s) involves computing intercepts of all lines from 2 chirps at 2 frequency positions in distance-speed diagram

Patent number: DE19922411
Publication date: 2000-10-12
Inventor: LISSEL ERNST (DE); ROHLING HERMANN (DE);
MEINECKE MARC-MICHAEL (DE)
Applicant: VOLKSWAGENWERK AG (DE)
Classification:
- International: G01S13/34; G01S13/93; G01S13/00; (IPC1-7):
G01S7/35; G01S7/40; G01S13/93
- european: G01S13/34; G01S13/93C
Application number: DE19991022411 19990514
Priority number(s): DE19991022411 19990514; DE19991015484 19990407

Report a data error here

Abstract of DE19922411

The method involves transmitting a signal generated by an oscillator and containing a sequence of linear chirps, receiving a reflected signal from the obstruction, mixing the received and transmitted signals, signal processing the mixer output and analyzing for each chirp by Fourier transformation. A transmitted signal sequence contains at least four chirps with different gradients. The intercepts of all lines from two chirps from two located frequency positions are computed in a distance-relative speed diagram and two conditions in the Fourier spectrum are checked to verify the intercept points.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 22 411 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 S 7/35
G 01 S 7/40
G 01 S 13/93

⑳ Aktenzeichen: 199 22 411.0
㉔ Anmeldetag: 14. 5. 1999
㉕ Offenlegungstag: 12. 10. 2000

DE 199 22 411 A 1

⑥ Innere Priorität:
199 15 484. 8 07. 04. 1999
⑦ Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦ Erfinder:
Lissel, Ernst, 38442 Wolfsburg, DE; Rohling,
Hermann, Prof., 38304 Wolfenbüttel, DE; Meinecke,
Marc-Michael, 38448 Wolfsburg, DE

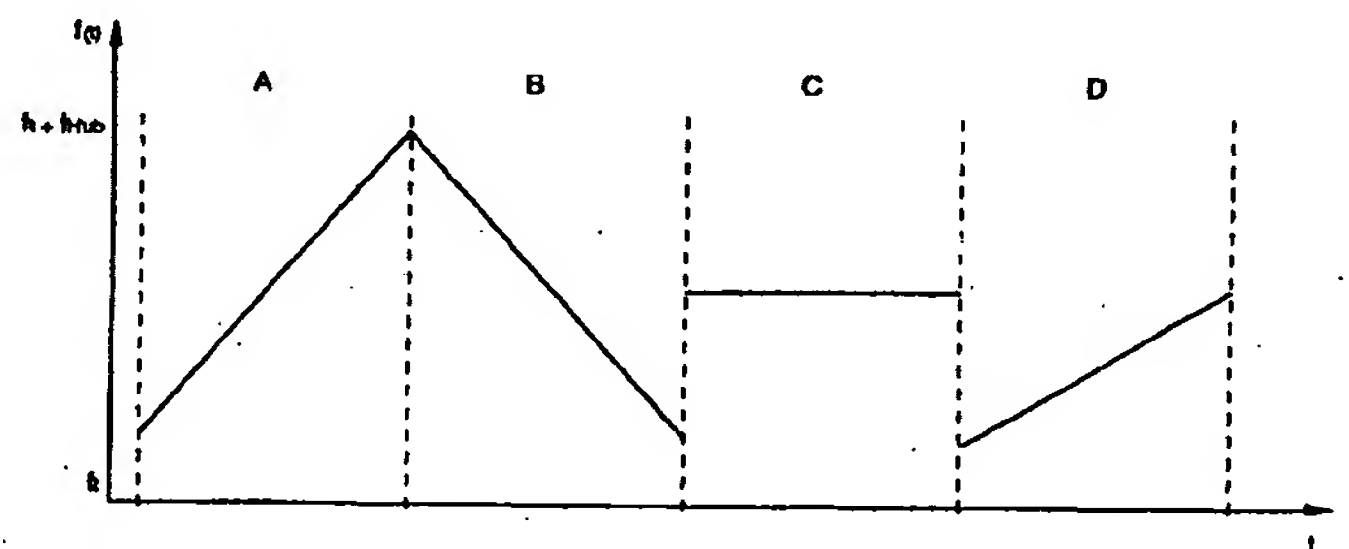
⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 38 309 A1
DE 42 44 608 A1
DE 693 09 335 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤ Radarverfahren zur Messung von Abständen und Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Fahrzeug und einem oder mehreren Hindernissen

⑤ Die Erfindung betrifft CW-Radarverfahren zur Messung von Abständen und Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Fahrzeug und einem oder mehreren Hindernissen (5), bei denen das Sendesignal $s(t)$ aus mindestens vier aufeinanderfolgenden Blöcken (A, B, C, D) mit jeweils unterschiedlichen Steigungen besteht. Im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm werden zunächst die Schnittpunkte aller Geraden aus zwei Blöcken (A, B) von allen gefundenen Frequenzpositionen $\kappa_{1,n}$ und $\kappa_{2,p}$ berechnet. Zur Validierung dieser Schnittpunkte werden diese dahingehend überprüft, ob im Fourierspektrum eines dritten Blocks C ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{3,q}$ existiert, deren zugeordnete Gerade im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm einen Umgebungsbereich des Schnittpunktes schneidet. Die derart validierten Schnittpunkte werden einer zweiten Bedingung unterworfen, ob im Fourierspektrum eines vierten Blocks (D) ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{4,r}$ existiert, deren zugeordnete Gerade im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm einen Umgebungsbereich des Schnittpunktes schneidet. Die Schnittpunkte werden dann als gültig betrachtet, wenn sie beide Bedingungen erfüllen.



DE 199 22 411 A 1

Die Erfindung betrifft ein Radarverfahren zur Messung von Abständen und Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Fahrzeug und einem oder mehreren Hindernissen mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1.

5 Aus dem Stand der Technik der DE 42 44 608 A1 ist ein CW-Radarverfahren (CW-continuous wave) bekannt, bei dem das von einem Oszillator erzeugte Sendesignal in frequenzkonstante, ohne Abstand aufeinander folgende Bursts (Signal-Abschnitte) zerlegt ist. Das an den Hindernissen reflektierte Empfangssignal wird dabei in einem zweikanaligen IQ-Mischer mit dem Sendesignal in das Basisband heruntergemischt. Der IQ-Mischer liefert ein komplexes, relativ niederfrequentes Mischerausgangssignal, welches zur Gewinnung von Signalen für die Abstände und Relativgeschwindigkeiten
10 mehrerer Hindernisse genutzt wird.

Während eines Messzyklusses werden bei dem beschriebenen Verfahren vier Messungen mit unterschiedlichen Sendesignalen durchgeführt. In einer ersten Messung erzeugt der Oszillator zeitlich aufeinander folgende Bursts mit einer Folge von einem Minimal- auf einen Maximalwert linear inkremental ansteigender Frequenz und danach eine Folge von Bursts mit von dem Maximalwert auf den Minimalwert linear inkremental abfallender Frequenz, wobei in beiden Mes-
15 sungen am Ende jedes reflektierten Bursts ein komplexer Abtastwert erfaßt und durch Mischen mit den Sendesignal-Bursts erste bzw. zweite Inphase- und Quadraturphasesignale für die Abstände und die Relativgeschwindigkeiten gewonnen werden. Während einer dritten Messung besteht das Sendesignal aus frequenzgleichen Bursts. Hier wird am Ende jedes reflektierten Bursts ein komplexer Abtastwert zur Gewinnung dritter Inphase- und Quadraturphasesignale für die Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug und den Hindernissen durch Mischen mit den Bursts des Sendesignals erfaßt. Dabei wird eine Folge von Bursts mit monoton steigender oder fallender Steigung insgesamt als Chirp be-
20 zeichnet.

Alle Mischerausgangssignale der drei Messungen werden mit Fouriertransformationen in relativgeschwindigkeits- und abstandsabhängige Frequenzwerte umgewandelt, die in einem Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm drei Scharen sich schneidender Geraden darstellen, deren Schnittpunkte potentielle Hindernisse wiedergeben. Dabei
25 kann es sich um tatsächliche Hindernisse oder aber auch um Geisterhindernisse handeln, die durch die mathematische Verknüpfung hervorgerufen wurden. Aus diesem Grund wird während einer vierten Messung ein Sendesignal ausgesendet, dessen Bursts jedoch nicht monoton einander folgen, sondern entsprechend den Koeffizienten eines Restklassen-Codes angeordnet sind. Das während der vierten Messung reflektierte Empfangssignal setzt sich aus der Überlagerung sämtlicher Objektreflexionen mit unterschiedlicher Amplitude und Phase zusammen.

Die Überprüfung auf Richtigkeit und Eindeutigkeit aller Schnittpunktparameter der Geraden im Geschwindigkeits-Abstands-Diagramm, die sich aus ersten drei Messungen ergeben, erfolgt dadurch, daß für jedes der potentiellen Hindernisse ein Mischerausgangssollsignal für das Sendesignal der vierten Messung generiert wird, das dann mit dem Istmischerausgangssignal der vierten Messung korreliert wird. Die besonderen Korrelationseigenschaften des Restklassen-Codes liefern nur für reale Hindernisse einen hohen Korrelationswert und einen niedrigen für Geisterhindernisse.

Die Korrelation beginnt mit dem amplitudenstärksten Objekt. Wird ein reales Hindernis ermittelt, so wird das entsprechende Mischerausgangssollsignal vom Istmischerausgangssignal subtrahiert und die Korrelation in fallender Reihenfolge der Amplitude fortgesetzt, wobei während der Korrelation mit einer normierten Amplitude des Mischerausgangssollsignals gearbeitet wird und nur der Phasenanteil der komplexen Signale betrachtet wird.

Der bei den bekannten Verfahren verwendete IQ-Mischer zur Gewinnung von Inphase- und Quadraturphasesignalen bedingt jedoch eine Reihe von Fehlern, so beispielsweise Offsetfehler, Übersprechen des Modulationssignals auf dem I- und Q-Ausgang, Unsymmetrien der Empfindlichkeit von I- und Q-Ausgang und Orthogonalfehlern zwischen dem I- und Q-Ausgang, so daß eine komplizierte Vorbehandlung der Radardaten im Zeitbereich sowie eine Fehlerkalibrierung notwendig wird.

Die DE 195 38 309 A1, von der die vorliegende Erfindung ausgeht, offenbart ein gattungsgemäßes Radarverfahren, bei dem die Sendesignalform und Art der Auswertung der Meßsignale im wesentlichen so durchgeführt werden, wie zuvor anhand der DE 42 44 608 A1 beschrieben worden ist. Die Demodulation der an den Hindernissen reflektierten Empfangssignale erfolgt hier jedoch mit Hilfe der ausgesendeten Sendesignale durch nur einen einkanaligen Mischer, dessen Ausgangssignal nicht das Signal einer Phasensondern Amplitudenkurve ist. Dieses wiederum bildet die Grundlage für eine Signalauswertung, bei der aus dem Sendesignal durch Anwendung einer abgestimmten Sendesignalform mit Hilfe
50 von nicht komplex abgetasteten Radar-Rohdaten die Ermittlung von Zielparametern durchgeführt werden kann und diese Zielparameter als richtig oder falsch eingestuft werden können.

Nachteilig bei dem zuvor genannten Auswerteverfahren ist, daß die Eliminierung der Geisterhindernisse ebenfalls nur mit Hilfe einer besonderen Korrelationskodierung erfolgt. Diese führt gerade bei einer Vielzahl von Hindernissen zu einer hohen Fehlerrate, da aufgrund der hohen Anzahl von Geisterhindernissen diese nicht zuverlässig unterdrückt werden
55 können.

Daher liegt der vorliegenden Erfindung das technische Problem zugrunde, das bekannte CW-Radarverfahren weiter zu vereinfachen, um ein schnelles und gleichzeitig zuverlässiges Auswerten des Mischerausgangssignals zu erreichen.

Das zuvor aufgezeichnete technische Problem wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruches 1 gelöst.

Erfindungsgemäß werden also statt der bisher verwendeten drei Scharen von Geraden im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm nunmehr mindestens vier Scharen von Geraden erzeugt. Ein gültiger Schnittpunkt, also ein reales Hindernis, wird dann erkannt, wenn vier jeweils zu einen der Blöcke gehörende Geraden einen gemeinsamen Schnittpunkt bilden, wobei wegen bestehender Messungenauigkeiten ein Schnittpunkt dann als gültig bezeichnet wird, wenn alle vier Geraden einen vorgegebenen Flächenabschnitt innerhalb des Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm schneiden. Dieser Flächenabschnitt wird dadurch definiert, daß von zwei Geraden ein Schnittpunkt berechnet
65 wird, um den ein Umgebungsbereich gebildet wird, durch den die beiden anderen Geraden verlaufen müssen. Dieser Umgebungsbereich wird mathematisch auch als ϵ -Bereich bezeichnet, wobei ϵ ein Parameter für die Größe des Umgebungsbereiches ist.

Die Schnittpunkte werden somit zweifach überprüft, so daß nur noch ein sehr geringer Geisterzielanteil bei den ermittelten und überprüften Schnittpunkten vorhanden ist. Das Auswerteverfahren ist dabei nicht nur zuverlässig, sondern wegen der einfachen mathematischen Beziehungen auch schnell durchzuführen. Die aus dem Stand der Technik bekannte Korrelationskodierung ist nicht mehr erforderlich.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen angeführt. Im folgenden wird anhand der beigefügten Zeichnung ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel des Radarverfahrens im Detail beschrieben.

In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 das Blockschaltbild einer bei dem erfindungsgemäßen Verfahren benutzten Radareinrichtung,

Fig. 2a, b den Verlauf verschiedener Sendesignale während eines Messzyklusses,

Fig. 3 die Verläufe der Sende- und Empfangssignale der Messung A und B und

Fig. 4 die während der Messungen A, B, C und D ermittelten Frequenzen in einem Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm.

Betrachtet man zunächst das Blockschaltbild der **Fig. 1**, so gliedert sich die Radareinrichtung in einen Hochfrequenz- oder Mikrowellenteil H und einen Signalverarbeitungsteil S. Der spannungsgesteuerte Oszillator 1, der in üblicher Weise ein kontinuierliches Mikrowellensignal erzeugt, dessen Frequenz beispielsweise mittels einer Varactordiode über z. B. 150 MHz proportional zu einer Steuer-Modulationsspannung $f(t)$ verändert werden kann, dient dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erzeugung eines Sendesignals $s(t)$ mit jeweils frequenzkonstanten Bursts, die über den Koppler 2 und den Zirkulator 3, dessen Arbeitsrichtung durch den Pfeil angegeben ist, zur Sende- und Empfangs-Antenne 4 gelangen. Mit 5 ist ein auf der Fahrbahn vor dem mit der Radareinrichtung ausgerüsteten Fahrzeug befindliches Hindernis bezeichnet. Die Wege des Sendesignals $s(t)$ und der Empfangssignale $e(t)$ sind durch Pfeile gekennzeichnet.

Der Zirkulator 3 trennt die Signale $s(t)$ von den reflektierten Empfangssignalen $e(t)$, so daß nur die Empfangssignale zu dem rechten Eingang des einkanalen Mischers 6 gelangen, während zu dem in der Figur linken Eingang die durch den Koppler 2 ausgekoppelten Sendesignale $s(t)$ geführt werden. Der einkanale Mischer 6 bildet die Differenzfrequenz zwischen Sende- und Empfangssignal als reelles Mischerausgangssignal $m(t)$, das zunächst in analoger Form vorliegt. In dem nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler 7 erfolgt eine Umsetzung in digitale Signale, die der Signalverarbeitungseinrichtung 9 zugeführt werden, an deren Ausgänge 10 bis 12 Signalwerte für den jeweiligen Abstand, die Relativgeschwindigkeit und die Amplitude, d. h. die Hindernisgröße vorliegen. Die Signalverarbeitungseinheit 9, der der Taktgeber 13 zugeordnet ist, dient seinerseits über den Code-Generator 14 zur Erzeugung der Steuerspannung $f(t)$ für den Oszillator 1.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Sendesignal $s(t)$, dessen Sendefrequenz f über die Zeit t in **Fig. 2** dargestellt ist, in vier unterschiedlichen Blöcken A, B, C und D ausgesendet. Alle vier Messungen erfolgen dabei sequenziell, d. h., es erfolgt zunächst die Messung A, dann entsprechend die Messung B und sofort. Die in den **Fig. 2a** und **2b** dargestellten Frequenzverläufe der Blöcke A-D, die z. B. aus 256 Chirps (Paket von Schwingungszügen) bestehen, sind dadurch charakterisiert, daß in den verschiedenen Blöcken A-D die Frequenzverläufe über die Zeit unterschiedliche Steigungen m_1 , m_2 , m_3 und m_4 aufweisen. Ein wichtiges Kriterium ist dabei, daß alle vier Steigungen m_1 bis m_4 unterschiedlich gewählt sind.

Ein typischer Verlauf ist in **Fig. 2a** dargestellt, bei dem in den beiden Blöcken A und B der Oszillator 1 der Radareinrichtung durch eine entsprechende Steuerspannung so angesteuert wird, daß er zunächst ausgehend von einer Mindestfrequenz eine linear auf einen Maximalwert ansteigende Frequenzfolge erzeugt. Während des Blocks B erzeugt der Oszillator 1 dagegen ausgehend von der Maximalfrequenz eine lineare Frequenzfolge mit entgegengesetzter Steigung, so daß schließlich wieder die Mindestfrequenz erreicht wird. Dem gegenüber erfolgt während des Blocks C ein Frequenzverlauf mit einer Steigung $m_3 = 0$. Schließlich erfolgt während des Blocks D ein linearer Frequenzanstieg ausgehend von der Mindestfrequenz mit einer Steigung m_4 , die halb so groß wie die Steigung m_1 des Frequenzverlaufes des Blocks A ist.

Der Frequenzverlauf in **Fig. 2b** unterscheidet sich von dem in **Fig. 2a** dadurch, daß die Frequenzverläufe der beiden Blöcke B und C miteinander vertauscht sind. Darüber hinaus sind weitere Variationen der verschiedenen Frequenzverläufe möglich, da die einzelnen Blöcke A-D unabhängig von einander sind und jeweils einer separaten Auswertung zugeführt werden.

In **Fig. 3** sind in einem Frequenz-Zeit-Diagramm die Verläufe des Sendesignals $s(t)$ und des reflektierten Empfangssignals $e(t)$ der Messungen A und B gemäß **Fig. 2a** wiedergegeben. Mit L ist die Echolaufzeit, mit $\Delta f_{\text{Doppler}}$ die Doppelfrequenz bezeichnet. Daraus sowie aus den Frequenzdifferenzen Δf_{up} und Δf_{down} ergeben sich für die Relativgeschwindigkeit und den Abstand bzw. die Entfernung die Beziehung

$$k = \Delta f_{\text{Doppler}} = \left(\frac{\Delta f_{\text{down}} - \Delta f_{\text{up}}}{2} \right)$$

und

$$l = \Delta f_{\text{Enf}} = \left(\frac{\Delta f_{\text{down}} + \Delta f_{\text{up}}}{2} \right).$$

Ein CW-Radar ist durch die Entfernungsauflösung ΔR , durch die maximale Reichweite R_{max} , durch die Auflösung der Geschwindigkeit Δv und durch den Bereich der verarbeiteten Relativgeschwindigkeit $v_{\text{Rel,min}}$ bis $v_{\text{Rel,max}}$ charakterisiert. Dabei sind die beiden relevanten Beziehungen der Radarparameter zu dem Sendesignal gegeben durch

$$\Delta R = \frac{2f_{Hub,Radar}}{c},$$

$$\Delta v = \frac{2T_{Block,Radar}}{\lambda}.$$

Wie bereits in Bezug auf Fig. 2 ausführlich dargestellt worden ist besteht das Sendesignal des CW-Radars aus einer Sequenz von linearen Blöcken jeweils unterschiedlicher Steigung. Die Steigung m_i eines einzelnen Blocks i , mit $i = A, B, C, D$, wird definiert durch

$$m_i = \frac{f_{Hub,Block i}}{f_{Hub,Radar}}.$$

Jede nach den Messungen A bis D ausgeführte Fouriertransformation ergibt durch Reflektionen von Hindernissen begründete Spektrallinien in den jeweiligen Fourierspektren. Ist die Steigung m_i ungleich 0, so gelten die oben angegebenen Bezeichnungen für k und l , die die Peakposition κ in Fourierspektrum charakterisieren. Ist die Steigung m_i gleich 0, wie es in den Blöcken C in Fig. 2a und B in Fig. 2b der Fall ist, so sind die durch die Maxima angezeigten Frequenzen gleich den Dopplerfrequenzen der Hindernisse.

Ausgehend von den aufgefundenen Peaks im Fourierspektrum erfolgt die Suche nach potentiellen Hindernissen in einem Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm (Fig. 4), wobei die in den Blocks A-D ermittelten Frequenzen jeweils durch Scharen sich schneidender Geraden gekennzeichnet sind. Die in Fig. 4 dargestellten Geraden A1, A2 und A3 beziehen sich auf den Block A, die Geraden B1, B2 und B3 auf den Block B, die Geraden C1, C2 und C3 auf den Block C und die Geraden D1, D2 und D3 auf den Block D.

Die Information aus einem verarbeiteten Block $j = A, B, C$ oder D allein ist mehrdeutig. Sie schränkt die Zielkoordinaten des i -ten Ziels lediglich in einem Freiheitsgrad ein, daß heißt, es gilt die Formel

$$v_{Rel,i} = \frac{\Delta v}{\Delta R} \cdot m_j \cdot R_i + \Delta v \cdot \kappa_{j..}$$

Daher werden mehrere Blöcke unterschiedlicher Steigung genutzt, um eindeutige Messungen im Schnittpunkt dieser Geraden zu erreichen. Dazu wird erfindungsgemäß folgendermaßen vorgegangen.

Zunächst werden alle idealen Kreuzungspunkte R_i , $v_{Rel,i}$ aller Geraden aus den beiden Blöcken A und B aus allen gefundenen Frequenzpositionen $\kappa_{1,n}$ bzw. $\kappa_{2,p}$ nach den Beziehungen

$$R_i = \Delta R \cdot \frac{\kappa_{2,p} - \kappa_{1,n}}{m_1 - m_2};$$

$$v_{Rel,i} = \Delta v \cdot \frac{m_1 \kappa_{2,p} - m_2 \kappa_{1,n}}{m_1 - m_2}.$$

berechnet. Sämtliche Schnittpunkte kommen als potentielle Hindernisse in Frage, jedoch ist die Rate der Geisterhindernisse relativ hoch.

Die im ersten Schritt aufgefundenen Kreuzungspunkte R_i , $v_{Rel,i}$ werden durch die aufgefundenen Peakpositionen innerhalb des Blocks C validiert. Dabei lautet das Validierungskriterium, das in dem Spektrum des dritten Blocks C ein Peak an der Frequenzposition $\kappa_{3,q}$ existiert, für den gilt:

$$\kappa_{3,q} - \epsilon_1 \leq \left(\frac{v_{Rel,i}}{\Delta v} - m_3 \cdot \frac{R_i}{\Delta R} \right) \leq \kappa_{3,q} + \epsilon_1.$$

Daraus ergibt sich die in Fig. 4 dargestellte Situation, daß insgesamt vier Schnittpunkte H1, H2, H3 und H4 existieren, in denen jeweils drei der Geraden der aus den Blocks A, B und C ermittelten Peakpositionen zusammenlaufen. Schematisch ist weiterhin in Fig. 4 zu jedem der Schnittpunkte H1 bis H4 ein Rechteck eingezeichnet, das den ϵ_1 -Umbereich jedes der Schnittpunkte H1 bis H4 darstellt. Für jeden der Schnittpunkte H1 bis H4 ist das oben genannte Kriterium erfüllt, da jeweils eine der Geraden C1 bis C3 durch einen der ϵ_1 -Bereiche der Schnittpunkte H1 bis H4 verläuft. Durch den zuvor beschriebenen Validierungsschritt wird die Anzahl der Geisterhindernisse bereits erheblich reduziert, jedoch ist bei einer Vielzahl von Hindernissen davon auszugehen, daß der Anteil der Geisterhindernisse noch zu hoch ist.

Daher wird erfindungsgemäß aus der Menge der durch die Validierung mit dem dritten Block C als gültig klassifizierten Schnittpunkte durch eine zusätzliche Validierung mit dem vierten Block D nach einem ähnlichen Kriterium auf eine sehr sichere Untermenge reduziert. Das Validierungskriterium lautet dabei, daß in dem Spektrum des vierten Blocks D ein Peak an der Frequenzposition $\kappa_{4,r}$ existiert, für den gilt:

$$\kappa_{4,r} - \varepsilon_2 \leq \left(\frac{v_{\text{Rel},i}}{\Delta v} - m_4 \cdot \frac{R_i}{\Delta R} \right) \leq \kappa_{4,r} + \varepsilon_2$$

Dabei ergibt sich bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die in Fig. 4 dargestellte Situation, daß in den ε_2 -Umgebungsbereichen der Schnittpunkte H1, H2 und H3 jeweils eine der Geraden D1, D2 und D3 verläuft, die zu Peakpositionen des vierten Blocks D gehören. Dagegen verläuft keine der Geraden D1, D2 und D3 durch den ε_2 -Umgebungsbereich des Schnittpunktes H4, so daß dieser als Geisterhindernis identifiziert und aussortiert werden kann.

Die in dieser Weise zweimal validierten Schnittpunkte können dann als eine Menge mit einem sehr geringen Geisterzielanteil angesehen werden und die entsprechenden Informationen können in der nachfolgenden Datenweiterverarbeitung ausgewertet werden.

In bevorzugter Weise liegen die Werte der Parameter ε_1 und ε_2 im Bereich von 0,3 bis 0,7, vorzugsweise im Bereich von 0,4 bis 0,6 und insbesondere bei 0,5. Dadurch wird sichergestellt, daß eine zuverlässige Validierung gemäß dem ersten und zweiten Validierungskriterium erfolgt und der Geisterzielanteil an der Menge der berechneten Schnittpunkte kann auf ein Minimum beschränkt werden. Die Werte von ε_1 und ε_2 können vorzugsweise gleich groß sein.

Patentansprüche

1. Radarverfahren zur Messung von Abständen und Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Fahrzeug und einem oder mehreren Hindernissen,

- bei dem ein Sendesignal (s(t)) ausgesandt wird, das mittels eines Oszillators (1) erzeugt wird und eine Sequenz von linearen Blöcken (A, B, C, D) aufweist,
- bei dem gleichzeitig während des Aussendens des Sendesignals (s(t)) ein an den Hindernissen (5) reflektiertes Empfangssignal (e(t)) empfangen wird,
- bei dem das Empfangssignal (e(t)) mit dem Sendesignal (s(t)) in einem Mischer (6) zur Gewinnung eines Mischerausgangssignals (m(t)) gemischt wird und
- bei dem das Mischerausgangssignal (m(t)) in einer Signalverarbeitungseinrichtung (9) zum Erhalt von Signalwerten für die Abstände (R_i) der Hindernisse (5) zum Fahrzeug und für die Relativgeschwindigkeiten ($v_{\text{Rel},i}$) zwischen dem Fahrzeug und den erfaßten Hindernissen (5) verarbeitet wird,
- wobei das Mischerausgangssignal (m(t)) zu jedem Block (A, B, C, D) des Sendesignals (s(t)) mit Hilfe einer Fouriertransformation analysiert wird und die Frequenzpositionen κ_i der Hindernisse (5) als Peaks im Fouriertransformationsspektrum berechnet werden,

dadurch gekennzeichnet, daß

- eine Sequenz des Sendesignals (s(t)) mindestens vier aufeinanderfolgende Blöcke (A, B, C, D) aufweist, die jeweils Steigungen (m_1, m_2, m_3, m_4) aufweisen, die zu denen der anderen Blöcke (A, B, C, D) verschieden sind,
- im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm die Schnittpunkte ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) aller Geraden aus zwei Blöcken (A, B) von allen gefundenen Frequenzpositionen $\kappa_{1,n}$ und $\kappa_{2,p}$ berechnet werden,
- eine erste Bedingung überprüft wird, ob im Fourierspektrum eines dritten Blocks (C) ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{3,q}$ existiert, deren zugeordnete Gerade im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm einen Umgebungsbereich des Schnittpunktes ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) schneidet,
- eine zweite Bedingung überprüft wird, ob im Fourierspektrum eines vierten Blocks (D) ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{4,r}$ existiert, deren zugeordnete Gerade im Entfernungs-Relativgeschwindigkeits-Diagramm einen Umgebungsbereich des Schnittpunktes ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) schneidet, und
- die Schnittpunkte ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) dann als gültig betrachtet werden, wenn sie beide Bedingungen erfüllen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittpunkte ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) aller Geraden aus den ersten beiden Blocks (A, B) von allen gefundenen Frequenzpositionen $\kappa_{1,n}$ und $\kappa_{2,p}$ nach den Beziehungen

$$R_i = \Delta R \cdot \frac{\kappa_{2,p} - \kappa_{1,n}}{m_1 - m_2},$$

$$v_{\text{Rel},i} = \Delta v \cdot \frac{m_1 \kappa_{2,p} - m_2 \kappa_{1,n}}{m_1 - m_2}$$

berechnet werden, wobei ΔR die Entfernungsauflösung und Δv die Auflösung der Geschwindigkeit bedeuten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die berechneten Schnittpunkte ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) dadurch überprüft werden, ob im Fourierspektrum eines dritten Blocks (C) ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{3,q}$ existiert, für die gilt

$$k_{3,q} - \varepsilon_1 \leq \left(\frac{v_{\text{Rel},i}}{\Delta v} - m_3 \cdot \frac{R_i}{\Delta R} \right) \leq k_{3,q} + \varepsilon_1$$

wobei ε_1 einen Parameter vorgegebener Größe darstellt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittpunkte ($R_i, v_{\text{Rel},i}$) dadurch

überprüft werden, ob im Fourierspektrum eines vierten Blocks (D) ein Peak an einer Frequenzposition $\kappa_{4,r}$ existiert, für die gilt

5
$$k_{4,r} - \varepsilon_2 \leq \left(\frac{v_{\text{Rel},i}}{\Delta v} - m_4 \cdot \frac{R_i}{\Delta R} \right) \leq k_{4,r} + \varepsilon_2$$

wobei ε_2 einen Parameter vorgegebener Größe darstellt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der Parameter ε_1 und ε_2 im Bereich von 0,3 bis 0,7, vorzugsweise im Bereich von 0,4 bis 0,6 und insbesondere bei 0,5 liegen.

10

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

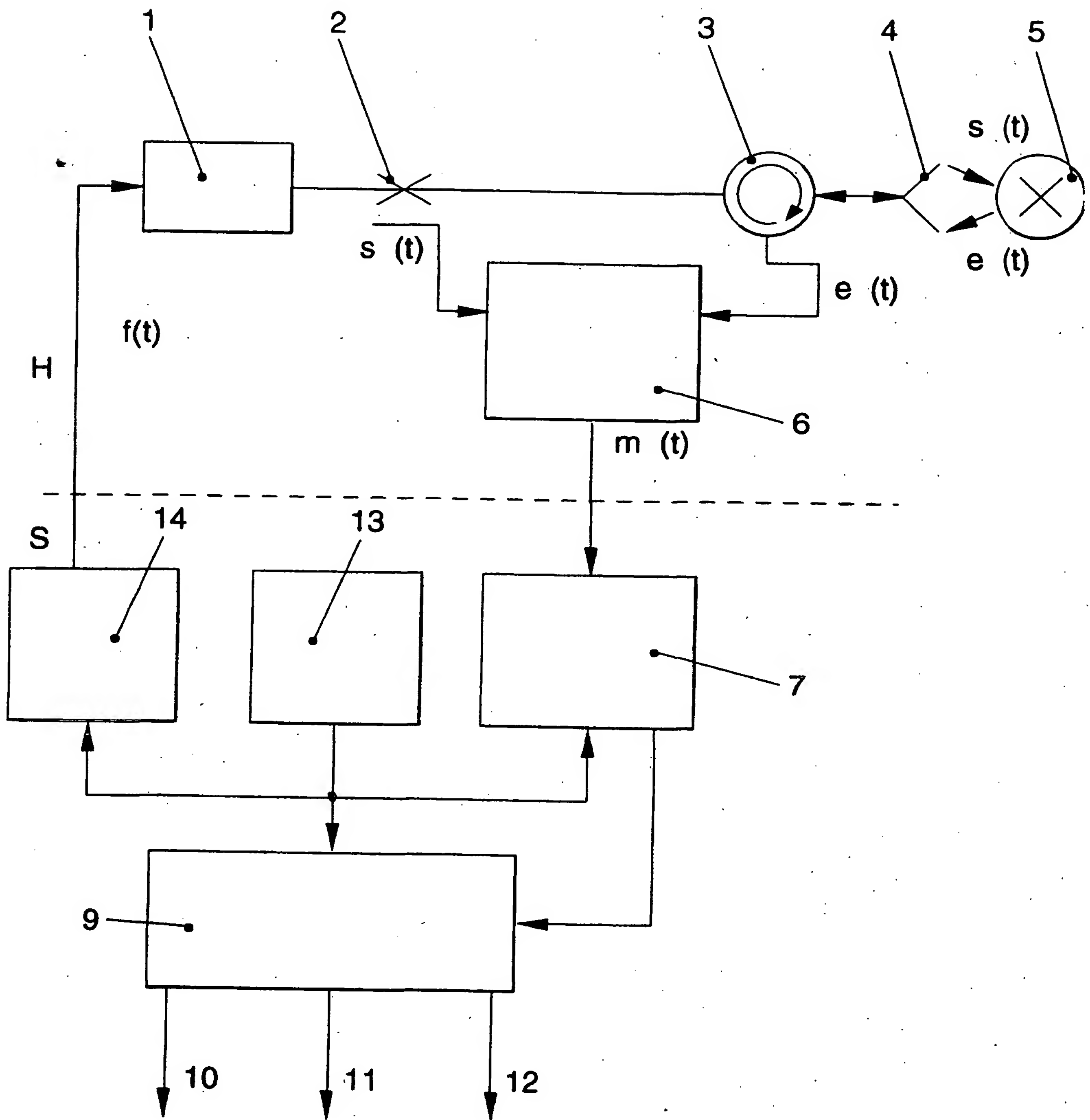


FIG. 1

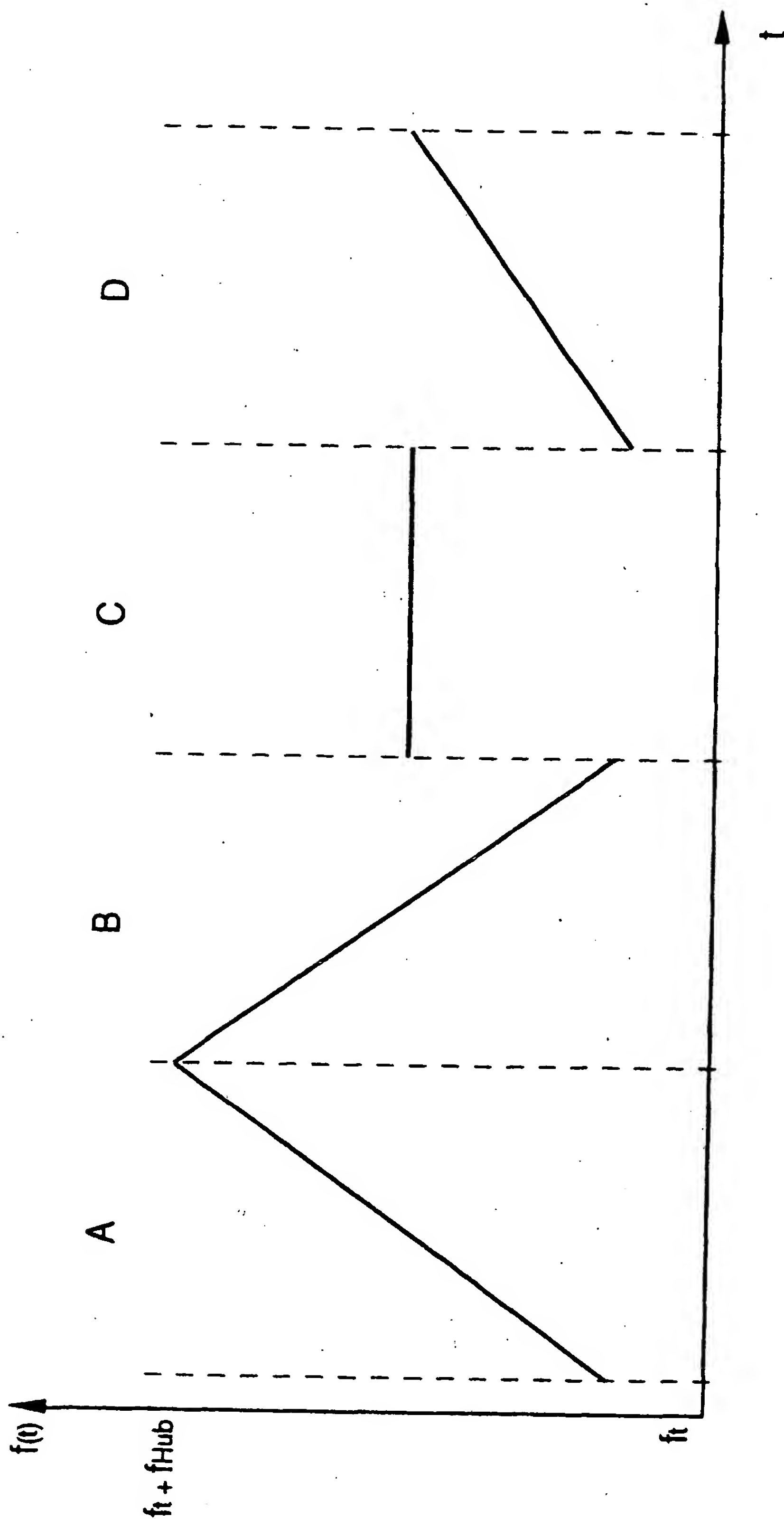


FIG. 2a

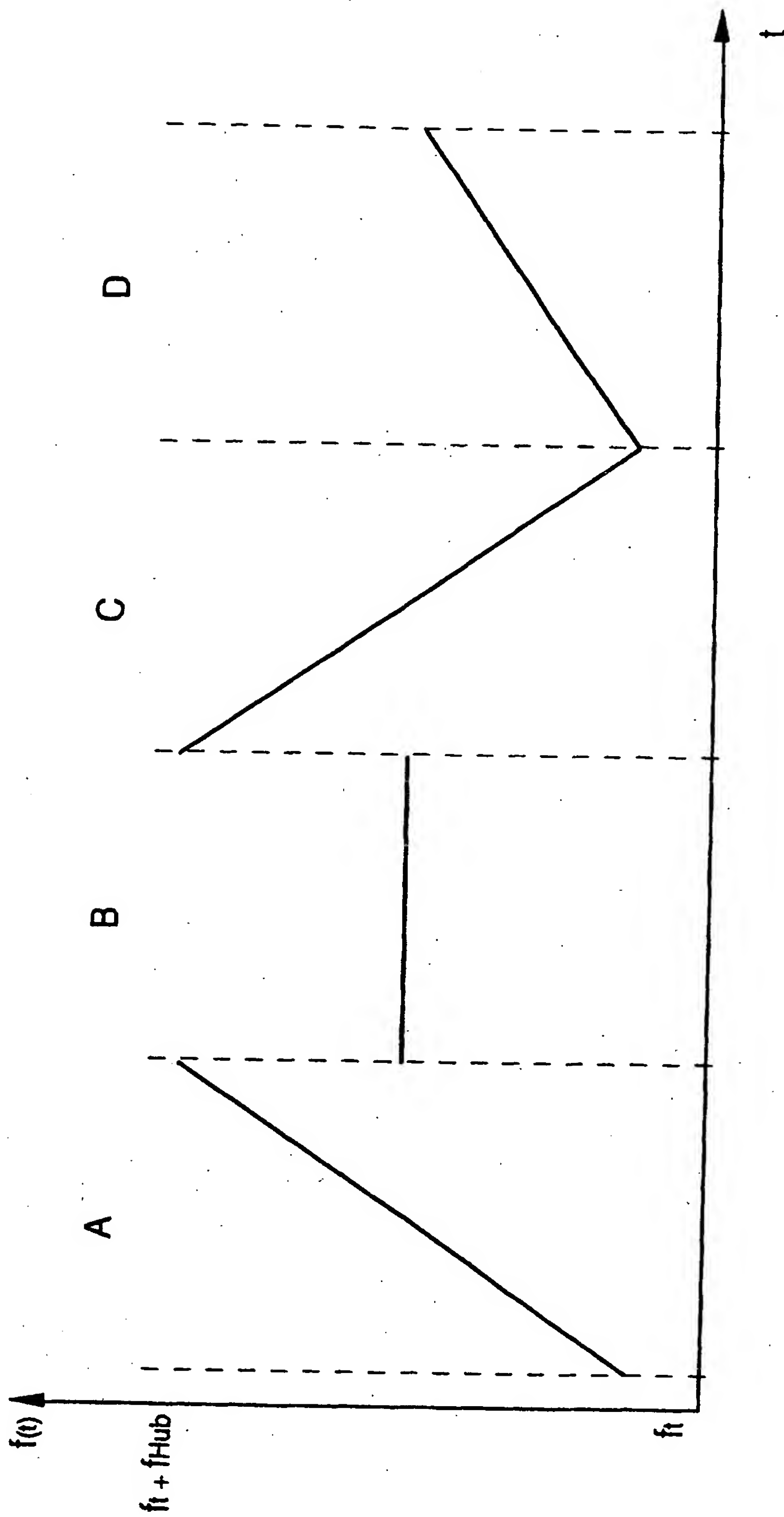


FIG. 2b

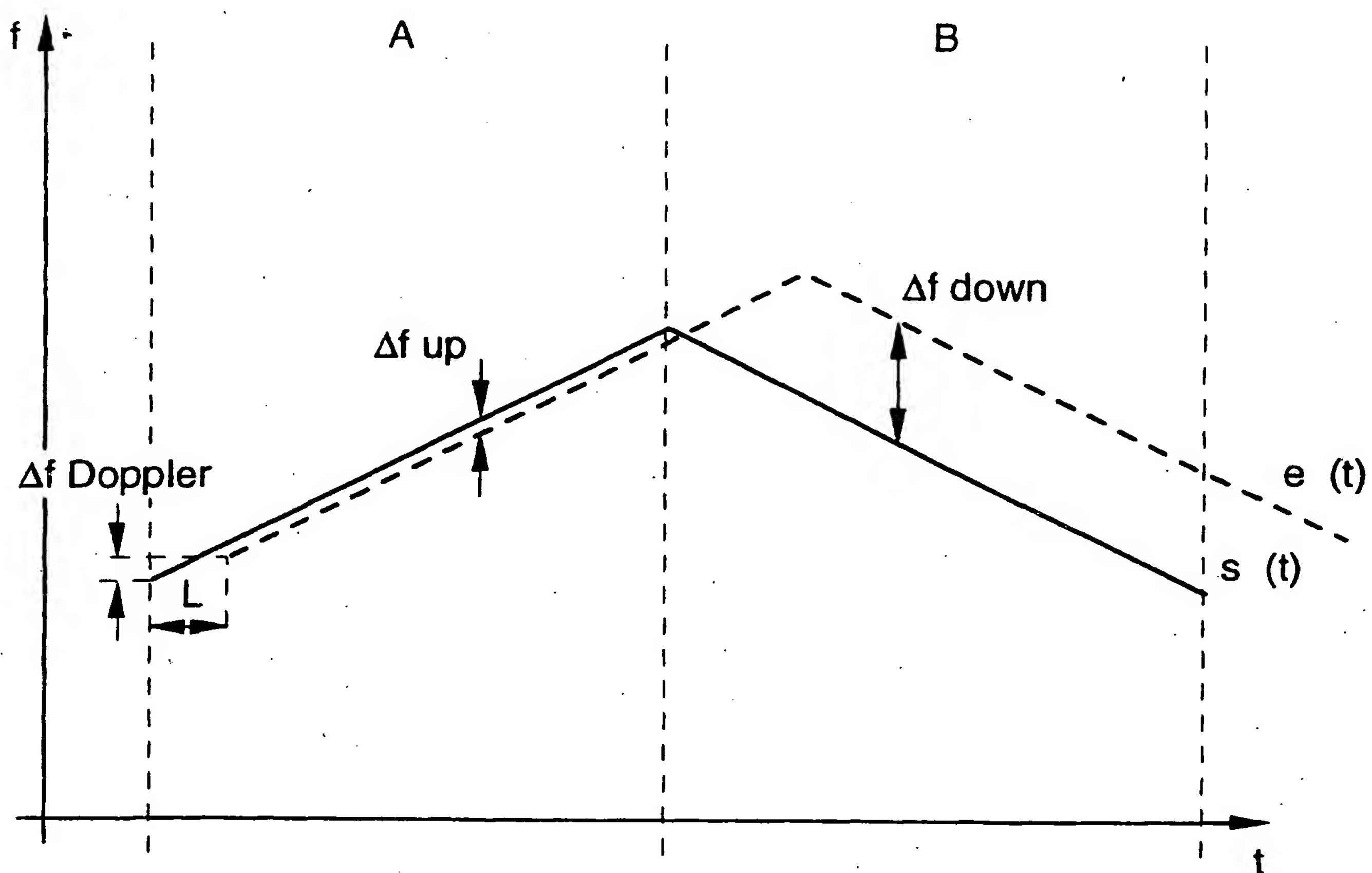


FIG. 3

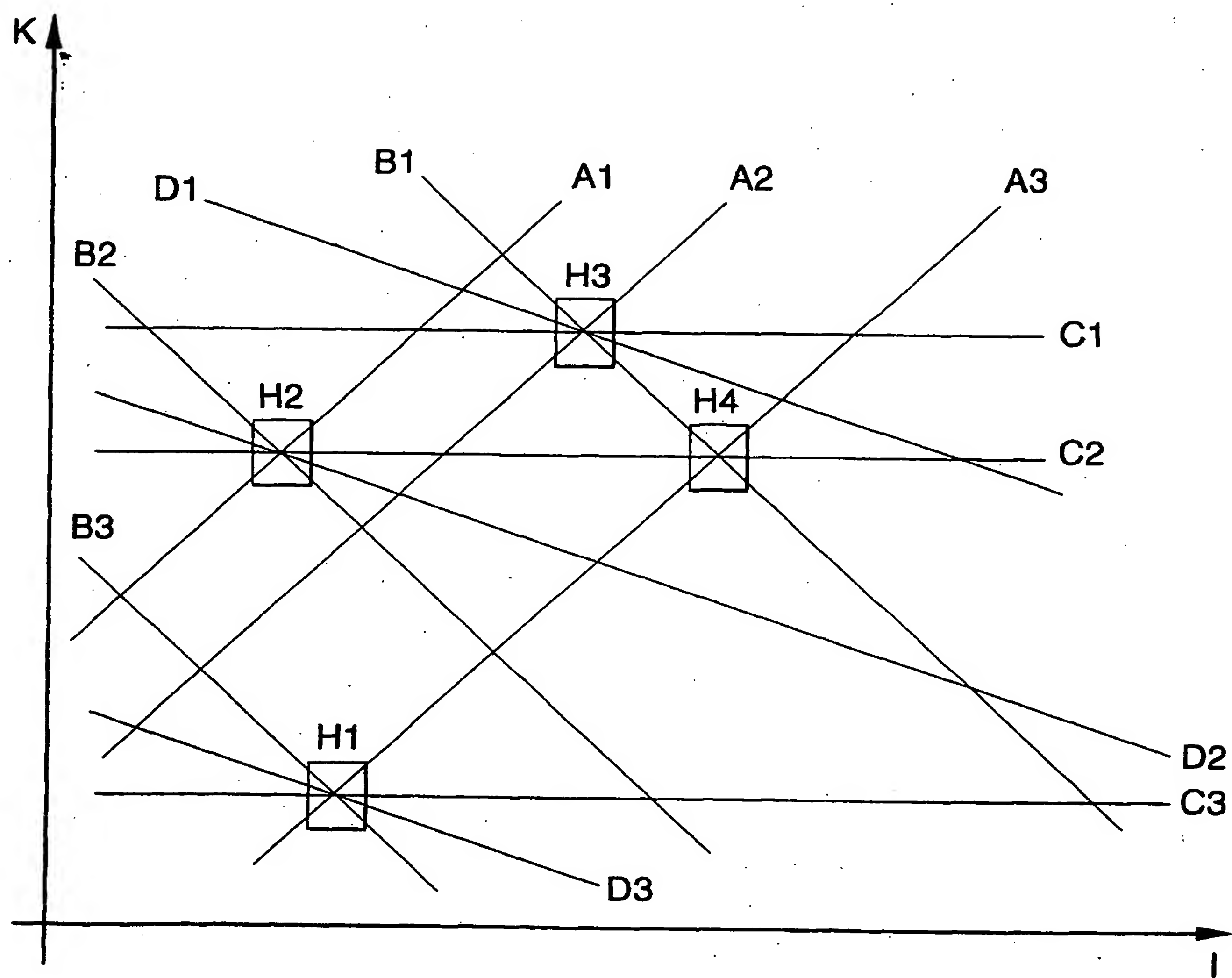


FIG. 4